

УДК 631. 416 (170.67)

СОДЕРЖАНИЕ И ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВИНЦА В ПОЧВАХ ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА

Р. Р. Баширов, З. Г. Магомедалиев

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН

Изучено пространственное и профилное распределение свинца, являющегося одним из главных загрязнителей, в почвах предгорной зоны Дагестана. Дана сравнительная оценка содержания валового и подвижного свинца в основных типах почв. Установлено, что содержание свинца в почвах зависит от типа почв и почвообразующей породы. Между показателями свинца и глинистыми частицами установлена положительная корреляционная связь, а между содержанием гумуса, рН и свинцом – отрицательная корреляция.

Spatial and profile distribution of lead, which is one of the major pollutants in the soils of foothill Daghestan, has been studied. Comparative evaluation of the content of total and mobile lead in the main types of soil is given. It has been found that lead content in the soils depends on the soil type and parent rock. Between indicators of lead and clay particles there has been found positive correlation, though the negative one – between humus content, pH, and lead.

Ключевые слова: почва; свинец; предгорье; валовая форма; подвижная форма; гумус; концентрация.

Keywords: soil; lead; foothills; gross form; mobile form; humus; concentration.

Введение

В последние десятилетия в связи с ростом техногенного привнесения тяжелых металлов в окружающую среду актуальными становятся вопросы изучения содержания и миграции их в объектах биосферы. Это необходимо в целях мониторинга состояния, прогнозирования изменений и предотвращения загрязнения окружающей среды. Миграция и перераспределение тяжелых металлов в компонентах экосистем зависят как от целого комплекса природных факторов, так и от антропогенной деятельности [1, 2].

Одним из основных загрязнителей среди тяжелых металлов является свинец, относящийся к первому классу опасности для здоровья населения [3]. По имеющимся данным [4], средняя величина антропогенной эмиссии свинца в атмосферу на глобальном уровне составляет 332×10^3 т/год. По другим данным [5], показатель эмиссии меньше и составляет 208.6×10^3 т/га.

Почва является важным звеном в миграции и трансформации загрязняющих веществ в ландшафтах. Она играет особую экологическую роль в силу способности аккумулировать загрязняющие вещества, и в частности тяжелые металлы [6,10]. Из природных факторов, обуславливающих уровень валового содержания тяжелых металлов в почве, на первое место следует поставить фактор почвообразующей породы, от которой почва наследует свой минералогический состав, а следовательно, и естественное содержание тяжелых металлов. Не менее важным природным фактором, определяющим содержание тяжелых металлов в почве, является тип почвообразования, приводящий к перераспределению металлов по профилю почв, их биогенной аккумуляции в гумусовых горизонтах.

В естественных условиях свинец накапливается в верхних слоях почвы глубиной до 10 см, а в пахотном слое – на всю глубину пахоты. Это обусловлено высокой адсорбционной способностью гумусового горизонта почв по отношению к свинцу. Механизм их фиксации зависит от реакции среды. В целом же свинец достаточно прочно удерживается почвой [7].

Объекты и методы

В данной работе ставилась цель – исследовать закономерности пространственного и внутрипрофильного распределения свинца в почвах

предгорной зоны Дагестана и зависимость его содержания от эдафических факторов, определить фоновые уровни и дать экологическую оценку загрязненности почв свинцом.

При оценке содержания свинца в почвах полученные данные мы сравнивали с кларком по А.П. Виноградову [8], хотя в литературе имеются сведения, указывающие на зависимость кларкового содержания от гранулометрического состава почвы. В почвах легкого гранулометрического состава кларк свинца составляет 10 мг/кг, а почвах тяжелого – 20–25 мг/кг [9]. Для оценки загрязненности почв свинцом полученные данные сопоставляли с ПДК.

Объектом нашего исследования были основные типы почв Буйнакского Новолакского и Казбековского административных районов предгорной зоны Республики Дагестан. Широко распространенными типами почв в исследуемом регионе являются: коричневые, бурые лесные и темно-каштановые, встречаются также горно-каштановые, занимающие в поясе верхних предгорий 30.3 тыс. га. Половину общей площади почвенного покрова предгорий составляют коричневые и бурые лесные почвы.

Определение валового содержания свинца в почвенных образцах проводилось рентгено-флуоресцентным методом, подвижного – в ацетатно-аммонийной вытяжке на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Hitachi 170-70». Статистическая обработка данных проведена с использованием программы «Microsoft Excel 2007».

Результаты и их обсуждение

Содержание валового свинца в темно-каштановых почвах немного выше кларка его (10 мг/кг) по Виноградову [8] и колеблется по профилю почв от 13.3 до 18.3 мг/кг (табл. 1). Содержание его в почвообразующих породах почти равно кларку свинца в земной коре (16.0 мг/кг).

Таблица 1. Содержание свинца, гумуса, pH и физической глины в профиле почв предгорной провинции Дагестана

№ разреза, почва, угодье. Район	Горизонт	Глубина, см	Свинец, мг/кг		Подвижный, % от валового	Гумус, %	pH водн.	Физическая глина (<0.01 мм)
			валовой	подвижный				
2 Н. Темно-каштановая карбонатная среднесуглинистая, пахота. Новолакский район	Ап	0–10	15.5	0.60	3.80	3.06	7.3	44.7
	В	29–39	14.7	0.65	4.42	3.80	7.4	43.0
		55–65	14.7	1.82	12.40	2.80	7.5	46.0
	ВС	87–97	16.5	1.70	10.30	1.11	–	44.8
		С ₁	130–140	16.6	1.72	10.40	0.98	–
3 Н. Темно-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая, целина. Новолакский район	А ₁	0–10	13.8	1.50	10.87	3.10	7.4	46.4
	АВ	22–32	13.3	1.32	9.92	2.70	7.7	48.5
	В	42–52	14.1	1.60	11.35	2.3	7.8	50.1
	ВС	64–74	13.8	1.28	9.28	1.20	7.9	49.7
	С ₁	116–126	15.2	1.78	11.71	0.60	8.1	58.4
	С ₂	145–155	15.4	1.78	11.56	0.56	–	59.5
5 Б, Темно-каштановая, легкоглинистая, пахота. Буйнакский район	Ап	0–10	16.8	1.19	7.08	5.10	7.1	66.1
	АВ	10–20	16.9	1.88	11.12	5.00	7.2	67.6
		30–40	18.3	2.0	10.92	3.71	7.3	74.7
	ВС	70–80	18.0	2.0	11.11	2.46	7.7	72.0
		С ₁	90–100	17.2	1.9	11.57	1.50	7.9
		140–150	16.8	1.71	10.18	0.51	–	64.3
4. Н. Коричневая выщелоченная, тяжелосуглинистая, сенокос. Новолакский район	А	0–10	11.7	0.54	4.62	4.81	7.2	45.6
	В	12–22	11.5	0.60	5.22	3.92	7.4	48.9
		27–37	13.6	0.80	5.88	2.94	7.6	52.6
	ВС	43–53	13.9	0.82	5.90	1.90	7.8	55.4
		65–75	12.8	0.71	5.55	1.73	7.7	46.1
С ₁	105–115	12.7	0.70	5.52	1.22	7.8	46.5	

	C ₂	145-155 190-200	13.0 12.7	0.77 0.68	5.92 5.35	1.22 0.80	- -	48.0 -
5 Н. Коричневая типичная тяжелосугли- нистая, пастбище. Новолакский район	A	0-10 16-22	11.7 13.8	0.65 0.80	5.56 5.80	6.85 4.92	7.9 7.8	50.0 50.0
	B ₁	34-44	15.4	0.91	5.91	2.87	7.9	56.2
	B ₂	56-66	23.2	2.20	9.48	2.73	7.9	78.4
	BC	76-86	26.5	2.59	9.47	1.91	7.6	70.3
	C ₁	100-110	19.4	1.92	9.90	1.74	7.8	69.9
	C ₂	160-170	24.2	2.00	8.26	1.11	-	-
8 К. Коричневая типичная тяжелосугли- нистая, сенокос. Казбековский район	A	0-10	14.5	1.8	12.41	5.51	6.9	58.2
	B	22-32	14.7	1.91	12.99	2.30	7.0	60.0
	BC	52-62	16.8	1.98	11.79	2.33	7.1	62.1
	C	82-92 140-150	17.0 17.5	2.00 2.05	11.76 11.71	1.74 1.25	7.1 7.2	66.1 68.2
19 К. Коричневая карбонатная, тяжелосуглинистая , пастбище. Казбековский район	A	0-10 15-25	15.7 15.2	1.95 1.94	12.42 12.76	4.52 4.71	7.9 7.8	49.1 50.4
	B	35-45	14.6	1.61	11.03	3.93	7.9	48.7
	BC	50-60	13.2	1.05	7.95	1.97	7.5	45.2
	C ₁	75-85	14.4	1.10	7.64	1.74	8.0	48.3
	C ₂	95-105	15.0	1.52	10.13	1.27	8.1	62.4
	C ₃	120-130	14.0	1.20	8.57	0.71	-	60.5
35. Коричневая типичная, пашня. Буйнакский район	A _п	0-10 10-25	15.6 16.4	2.80 2.92	17.95 17.80	2.52 2.44	7.0 7.2	- -
	B	22-32	17.3	3.07	17.75	1.21	7.1	-
	C ₁	45-55	16.4	2.70	16.46	1.02	7.4	-
	C ₂	85-95	17.5	2.81	16.06	0.80	-	-
6 К. Бурая лесная олуговелая тяжелосуглинистая , сенокос. Казбековский район	A	0-10	15.2	0.91	5.99	3.63	5.5	47.4
	B	17-27	14.1	0.80	5.67	2.74	5.6	46.1
	BC	34-44	13.6	0.75	5.51	1.35	6.1	40.0
	C ₁	55-65	14.1	0.80	5.67	0.77	7.2	41.5
	C ₂	80-90	14.5	0.68	4.69	0.31	-	39.8
7 К. Бурая лесная олуговелая тяжелосуглинистая , целина. Казбековский район	A	0-10	14.2	0.85	5.99	5.16	5.8	48.4
	B	15-25	14.7	0.86	5.85	2.22	5.9	52.4
	BC	42-52	14.8	0.90	6.08	1.31	6.1	52.7
	C ₁	62-72	14.7	0.71	4.83	1.12	6.9	53.9
	C ₂	90-100	15.0	0.82	5.47	1.17	-	65.1
	C ₃	150-160	15.2	0.84	5.53	-	-	65.8
29. Бурая лесная типичная. Буйнакский район	A ₀	0-5	14.7	0.87	5.92	8.25	5.2	-
	A	5-15	15.5	0.90	5.81	3.54	5.3	-
	B	13-22	15.6	0.92	5.90	2.37	5.4	-
	BC	32-42	16.4	0.95	5.80	2.08	6.1	-
	C ₁	65-75	16.6	0.95	5.72	2.06	6.3	-
	C ₂	110-120	15.4	-	-	0.54	-	-
41. Бурая лесная окультуренная (сад). Буйнакский район	A _п	0-10	19.4	2.20	11.34	3.22	5.4	-
	A	10-20	17.4	2.05	11.78	3.41	5.3	-
	B	30-40	19.1	2.17	11.36	2.26	5.5	-
	B ₁	50-60	14.0	1.62	11.57	1.92	5.7	-
	C ₁	75-85	13.0	1.51	11.61	1.47	5.6	-
	C ₂	110-120	13.4	1.50	11.19	-	-	-
37. Горно- каштановая Тяжелосуглинистая , пахота (сад). Буйнакский район	A _п	0-10 10-20	8.0 14.0	0.55 0.73	6.88 5.21	2.9 2.2	7.1 7.3	- -
	B	30-40	12.6	0.64	5.08	1.6	7.7	-
	BC	45-55	13.1	0.66	5.04	1.1	7.9	-
	C ₁	65-75	7.5	0.57	7.60	0.9	7.8	-
	C ₂	80-90	10.3	0.61	5.92	0.4	8.2	-
								-

27. Горно-каштановая карбонатная среднесуглинистая, пастбище. Буйнакский район	A	0-10	9.0	0.65	7.22	3.1	7.3	44.1
	B	22-32	8.2	0.58	7.07	2.8	7.6	46.7
	BC	83-93	8.6	0.61	7.09	1.6	7.7	48.4
	C ₁	110-120	5.6	0.54	9.64	0.3	7.8	41.4
	C ₂	170-180	5.3	0.48	9.06	0.1	8.0	42.5

Примечание. Прочерк означает, что данные отсутствуют.

По профилю темно-каштановых почв отмечено незначительное и неравномерное повышение содержания валового свинца. Судя по данным, можно сделать вывод о том, что темно-каштановые почвы не подвергнуты техногенному загрязнению свинцом, показатели его в верхних и нижних слоях существенно не отличаются или же в нижележащих слоях отмечено незначительное превышение его содержания. Кроме того, показатели свинца в почвах 1.5-2 раза ниже ПДК (32 мг/кг) его в почвах.

Содержание подвижной формы свинца в темно-каштановых почвах колеблется от 0.65 до 2.0 мг/кг почвы, что составляет 4.42-11.11% от валового количества. По профилю почв его максимальное содержание (1.70-2.60 мг), так же как валового, отмечено в нижних слоях.

Между показателями содержания гумуса и валового свинца в темно-каштановых почвах отмечена отрицательная корреляционная связь, выраженная в слабой и средней степени ($r = -0.30, -0.50$).

Связь между содержанием глинистых частиц (< 0.01 мм) и свинца положительная и высокая ($r > 0.60$). Особенно корреляционная связь с высокой степенью характерна для подвижной формы. Так, например, в темно-каштановых среднесуглинистых почвах (разр. 2Н) количество подвижного свинца по профилю колеблется от 0.60 до 1.82 мг/кг, а частицы физической глины от 39.1 до 46.0%. В темно-каштановых глинистых почвах (разр. 5Б) показатели выше и составляют: подвижного свинца 1.19-2.00 мг/кг, глинистых частиц 64.3-74.7%.

В пахотных темно-каштановых почвах (разр. 2Н, 5Б) показатели валового свинца в горизонте А немного выше, чем в целинных почвах (разр. 3Н), а по показателю подвижной формы наблюдается обратная картина. Так, например, количество подвижного свинца в горизонте А пахотных почв колеблется от 0.60 (разр. 2Н) до 1.19 мг/кг (разр. 5 Б), а в целинных составляет 1.50 мг/кг. На наш взгляд, такое различие по содержанию свинца является результатом агротехнической обработки и систематического возделывания сельскохозяйственных культур, которые способствуют использованию подвижного свинца растениями.

Таблица 2. Статистические показатели содержания валового свинца в горизонте А почв предгорной зоны Дагестана

Тип почвы	n	M±m	lim	±δ	V, %
Темно-каштановые	35	15.7±0.6	13.8-16.9	0.8	5.0
Коричневые	32	14.0±0.9	11.4 -16.0	1.1	7.5
Бурые лесные	34	16.5±1.6	14.2-19.0	2.9	18.3
Горно-каштановые	35	12.7±1.5	9.0-20.0	2.1	16.1

Примечание. Для статистической обработки использованы данные табл. 1 и данные дополнительных однотипных разрезов.

Среднее содержание валового свинца в горизонте А коричневых почв выше кларкового показателя по Виноградову [8] и составляет в среднем 14.0±0.9 с колебаниями от 11.4 до 16.0 мг/кг (табл. 2). По профилю почв наибольшее количество отмечено в горизонте С (17.54 мг). Если сравнивать подтипы коричневых почв (табл. 1), то минимальные

показатели валового (11.6 мг/кг) и подвижного свинца (0.57 мг/кг) отмечены в горизонте А у коричневых выщелоченных почв (разр. 4Н). Коэффициент вариации для горизонта А коричневых почв очень низкий и составляет 7.5% при $n = 32$. Пределы колебаний валового свинца для нижних горизонтов (В, С) несколько шире и в основном зависят от гранулометрического состава почв. По профилю почв наибольшее содержание как валового (23.2–26.5 мг), так и подвижного (2.20–2.59 мг) свинца отмечено в горизонтах В и ВС коричневых типичных тяжелосуглинистых почв (разр. 5Н), а в коричневых карбонатных почвах (разр. 19К) показатели валового и подвижного свинца в горизонте А незначительно выше, чем в горизонте С, хотя содержание глинистых частиц в горизонте С выше, чем в горизонте А. Источники техногенного поступления свинца в данной точке отсутствуют, и, видимо, это связано аккумулярующей деятельностью растений и высокой карбонатностью нижних горизонтов ($pH = 8.0$).

Относительное содержание подвижного свинца в горизонте А коричневых почв колеблется от 4.62 до 17.95%. Минимальные показатели его отмечены в коричневых выщелоченных почвах (разр. 4Н), а максимальные – в коричневых типичных пахотных почвах (разр. 35).

В горизонте А типичных коричневых почв пастбищных угодий (разр. 5Н) отмечено более низкое содержание как валового, так и подвижного свинца, чем в горизонте А типичных коричневых почв, используемых под сенокосы (разр. 8К). Это связано с более высоким содержанием физической глины в горизонте А почв под сенокосом. В нижних горизонтах (С) почв сенокосов и пастбищ отмечено повышенное содержание глинистых частиц и соответственно увеличивается содержание свинца.

Количество валового содержания свинца в горизонте А бурых лесных почв выше кларкового показателя по Виноградову и колеблется от 14.2 до 19.0 мг/кг при среднем содержании его 16.5 мг (табл. 2). По сравнению с другими типами почв для бурых лесных почв характерна высокая вариабельность ($V = 18.3\%$) содержания свинца. Это связано с большим разнообразием условий формирования этих почв, в частности с различием почвообразующих пород и их карбонатностью и типом леса. Все подтипы бурых лесных почв в естественных условиях характеризуются близкими показателями валового свинца.

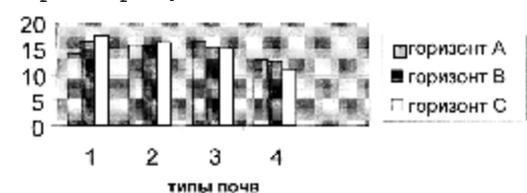


Рис. 1. Содержание валовых форм свинца в генетических горизонтах почв предгорной зоны Дагестана, мг/кг

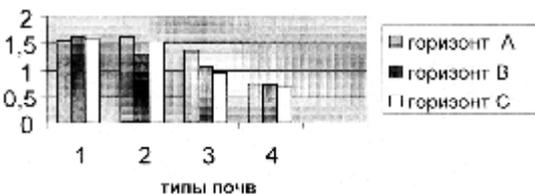


Рис. 2. Содержание подвижных форм свинца в генетических горизонтах почв предгорной зоны Дагестана, мг/кг

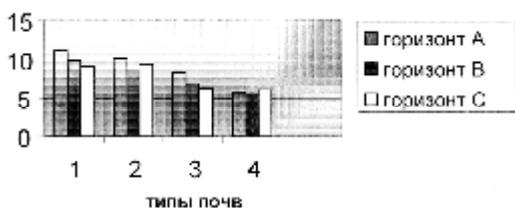


Рис. 3. Процентное содержание подвижного свинца от валового

Примечание. 1 – коричневая; 2 – темно-каштановая; 3 – бурая лесная; 4 –

По профилю почв наблюдается неравномерное изменение его содержания. В одних случаях количество его увеличивается с глубиной (разр. 7К, 29), а в других – уменьшается (разр. 6К), но эти изменения незначительные. В верхнем горизонте (А) бурых лесных почв, занятых плодовыми культурами (разр. 41), содержится больше валового (19.4 мг/кг) и подвижного свинца (2.20 мг/кг), чем в горизонтах В и С. Видимо, это связано с применением ядохимикатов, в которых содержится свинец, для обработки плодовых садов. Однако количество свинца в этих почвах меньше, чем ПДК (32 мг) в них.

В горизонтах В и С четко выражена положительная корреляция между показателями свинца и глинистых частиц (< 0.01 мм), а для горизонта А не всегда наблюдается тесная связь. Так, например, у бурых лесных олуговелых почв (разр. 6К) количество валового свинца в горизонте А составляет 15.2 мг и физической глины 47.4%, а в разрезе 7К – 14.2 мг и 48.4% соответственно. Видимо, в этом случае незначительное влияние на накопление свинца в горизонте А оказал тип угодья с разным содержанием гумуса. В первом случае

разрез был заложен на сенокосе с низким содержанием гумуса (3.60%), а во втором – на целине с более высоким показателем гумуса (5.10%).

На долю подвижного свинца в бурых лесных почвах приходится примерно 4–6% от валового количества (рис. 3), а в бурых лесных обрабатываемых почвах показатель относительного содержания свинца выше и составляет 11%, что связано с антропогенной деятельностью.

Сделать определенный вывод о наличии связи между показателями свинца и pH в бурых лесных почвах нам не удалось, поскольку картина очень пестрая и показатели pH в них очень близкие.

Наименьшее содержание валового свинца (12.7 мг/кг) отмечено для горно-каштановых почв. Коэффициент вариабельности для них составляет 16.% (табл. 2).

Среднее содержание подвижной формы свинца в горизонте А горно-каштановых почв равно 0.65 мг/кг, что составляет 6.80% от валового количества (рис. 2 и 3).

Исследованиями установлено, что содержание валового свинца в почвах (табл. 1, 2) исследуемого региона незначительно превышает кларк в почвах по Виноградову и колеблется в горизонте А от 12.7 мг/кг (горно-каштановая) до 16.5 мг/кг (бурые лесные). Валовое содержание свинца в темно-каштановых и коричневых почвах и незначительно повышается от горизонта А к горизонту С, что связано с типом почвообразующей породы. В основном почвообразующие породы этих почв глинистые, и в них отмечено высокое содержание свинца. Бурые лесные и горно-каштановые почвы в основном формируются на известняках, в которых содержится мало свинца и его валовое содержание в этих почвах снижается от горизонта А к горизонту С (рис. 1).

Если сравнивать почвы предгорной зоны с почвами равнинной зоны Дагестана по содержанию свинца, то они существенно не отличаются. По предыдущим нашим исследованиям [11, 12], количество валового свинца в почвах равнинной зоны колебалось от 10.8 (светло-каштановые) до 18.0 (солончаки) мг/кг.

Между содержанием гумуса и валового свинца в горизонте А всех исследуемых почв отмечена отрицательная корреляция ($r = -0.33$), а для горизонта В корреляция не выражена. Имеются данные, свидетельствующие о высокой биогенной аккумуляции свинца в гумусовом горизонте [13]. По нашим исследованиям, для одних типов почв характерна аккумуляция, а для других нет. Решающую роль в накоплении свинца имеет гранулометрический состав почв.

Между показателями pH и валовым содержанием свинца для темно-каштановых почв выявлена отрицательная корреляция сильной степени (r более -0.60), а для коричневых и горно-каштановых почв – средней степени ($r = -0.30-0.50$). Для бурых лесных почв корреляция между показателями pH и свинца не выражена.

Для понимания экологической опасности загрязнения почв важно знать содержание не только валовых форм, но и подвижных форм соединений тяжелых металлов. Количество подвижного свинца в горизонте А исследуемых почв значительно меньше ПДК (6 мг/кг) и колеблется от 0.54 до 3.07 мг/кг. По этим показателям исследуемые почвы можно отнести к незагрязненным почвам, а к загрязненным почвам, по литературным данным [14], относятся почвы, содержащие более 5 мг/кг подвижного свинца.

Пахотные горизонты почв, где возделываются плодовые культуры (разр. 41), характеризуются повышенным содержанием валового (17.4–19.4 мг/кг) и подвижного (2.05–2.20 мг/кг) свинца по сравнению с естественными почвами, но показатели не превышают ПДК (32 мг/кг). Незначительно высокое содержание свинца в этих почвах, видимо, связано с широким использованием в садах удобрений и пестицидов, за счет которых происходит незначительное повышение свинца в почвах.

Из приведенных данных (табл. 1 и рис. 2) видно, что содержание подвижных форм свинца уменьшается от горизонта А к горизонту С, и это характерно для всех типов почв, причем в горно-каштановых почвах подвижного свинца содержится в два раза меньше, чем в остальных типах почв. Максимальное количество (10–11%) от валового содержания приходится на коричневые и темно-каштановые почвы, а минимальное (5.9%) – на горно-каштановые почвы (рис. 3).

Для прогноза оценки последующего загрязнения почв ТМ необходимо знать точку отсчета, т.е. фоновое содержание. Для разных почв фоновые показатели колеблются от 6 до 20 мг/кг. По нашим данным, фоновыми показателями для естественных почв предгорной зоны можно считать валового свинца 15–20 мг/кг, а подвижного – 1.0–1.5 мг/кг.

Выводы

1. Содержание свинца в почвах предгорной зоны определяется в основном типом почв и почвообразующих пород, их гранулометрическим составом.

2. По убыванию валового содержания исследуемые почвы можно расположить в ряд: бурая лесная > темно-каштановая > коричневая > горно-каштановая, а подвижной формы: темно-каштановая > коричневая > бурая лесная > горно-каштановая.

3. Фоновыми показателями свинца для данного региона можно считать: валового – 15–20 мг/кг, подвижного 1.0–1.5 мг/кг. По уровню концентрации валового и подвижного свинца естественные и антропогенные почвы исследуемой территории не имеют значительного техногенного загрязнения, поскольку укладываются в пределах фонового содержания или меньше ПДК свинца в почвах.

4. Между показателями свинца в почвах и гранулометрическими частицами (< 0.01 мм) выявлена положительная корреляция, а между показателями гумуса, рН и свинцом – отрицательная корреляция.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Ю.А. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
2. Добровольский В.В. Глобальная геохимия свинца // Свинец в окружающей среде. М.: Наука, 1987. С. 7–19.
3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе «почва – растение». Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
4. Nriagu J. O., Pacina J.M. Quantitative assessment of Worldwide contamination of air, water and soils by trace metals // Nature. 1989. Vol. 333. P. 134–139.
5. Pacyna J.M. Emission Inventory for heavy metals in the ESE // Heavy metals emissions. State-of-the-Art Report. Economic Commission to Europe / Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, Prague, June. 1995. P. 33–50.
6. Матвеев Н.М. Тяжелые металлы в некоторых сельскохозяйственных растениях Самарской области // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах. Самара, 1995. С. 122–127.
7. Беккер А.А., Агаев Т.Б. Охрана и контроль загрязнения природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 265 с.
8. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М., 1957. 239 с.
9. Башкин В.Н. Биогеохимия М.: Научный мир, 2004. С. 391–402.
10. Иванов В.Н., Ерохов В.И. Проблемы больших городов: обзорная информация. М: МГЦНТИ, 1982. Вып. 14. 25 с.
11. Магомедалиев З.Г. Закономерности распределения содержания свинца в почвах Дагестана // Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы. Горно-Алтайск; Новосибирск, 2000. С. 216–217.
12. Мирзоев Э.М.-Р., Магомедалиев З.Г. Содержание тяжелых металлов в почвах и грунтовых водах Северо-Западного Прикаспия // Экологические проблемы Прикаспийской низменности. Махачкала, 1991. С. 59–65
13. Приходько Н.Н. Ванадий, хром, никель и свинец в почвах Притиссенской низменности и предгорий Закарпатья // Агрохимия. 1977. № 6. С. 44–49.
14. Орлов А.С., Безуглова О.С. Биогеохимия. Ростов н/Д, 2000. С. 226–273.

Поступила в редакцию 20.02.2012 г.
Принята к печати 18.12.2013 г.